



TITLE:

2次元MHD乱流スペクトル方程式  
(京都大学 理学部 物理第一教室,修  
士論文アブストラクト 1978年度)

AUTHOR(S):

山田, 道夫

---

CITATION:

山田, 道夫. 2次元MHD乱流スペクトル方程式(京都大学 理学部 物理第一  
教室,修士論文アブストラクト 1978年度). 物性研究 1979, 32(3): 232-233

ISSUE DATE:

1979-06-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/89816>

RIGHT:

// 光進行方向), 基底多重項  ${}^4A_2$  に熱平衡状態で, populate している  $\text{Cr}^{3+}$  ion を  $\bar{E}({}^2E)$  に選択的に励起して, ruby 内部に macro な磁化を過渡的に作り, その磁場中での才差運動を coil により検出した。

磁化の才差運動は  ${}^4A_2$  または  $\bar{E}({}^2E)$  の zeeman sublevel 間に生成された coherence の振動に対応するものである。生成された coherence は強い Inhomogeneous の効果により短時間で消失するが励起が coherent に行われるのならば, さらにもう 1 本の pulse を照射することによってそれを回復させることが理論的に可能である。詳しい解析によればこの過程において  $\pi$  pulse  $2\pi$  pulse が注目する zeeman sublevel に対してそれぞれ普通の二準位原子の 2 pulse echo 過程における  $\pi/2$ ,  $\pi$  pulse の役割を果すことが示され, この echo 過程は type としてはまったく新しいものである。

実験は, はじめ常温において Kramers doublet  ${}^4A_2 S_z = \pm 3/2$  に関して行なわれた。磁化の才差信号の寿命は 7~20 nsec. であり信号の形とともに磁場に依存する。これは  ${}^4A_2 S_z = \pm 3/2$  が磁場に関して 3 乗で split することその  $g$  値が極端な異方性を示すことに起因すると思われる。磁化の才差信号の振動数は  ${}^4A_2$  の spin hamiltonian によって予言されるものによく一致した。

実験はつぎに液体 helium 温度 (4.2 K) について行なわれた。常温においては  $T_1$  が短い為に観測されなかった  $\bar{E}$  の才差信号が 4.2 K では観測可能となる。信号は観測の行なわれたすべての磁場範囲において 10 nsec. という短い時間で完全に消失する。なお 4.2 K では  $\bar{E}$  に関して echo の実験も試みられたが現在のところその存在に関する確証は得られていない。

## 2 次元 MHD 乱流スペクトル方程式

山 田 道 夫

強い一様磁場のもとでの, 電気伝導性流体の運動は, 磁場方向に一様化するとされている。しかし乱流のような強い非線形性を持った運動については, 完全に 2 次元化<sup>(註)</sup>するのではなく, 磁場方向の速度の energy spectrum は,  $k_{\parallel}^{-3}$  spectrum を示す事が, 実

験から見出されている。同時に、磁場方向の相関距離は、磁場の無い時に比べて長くなることも測定されており、これらの事は、運動が擬 2 次元的事を示している。

他方、2 次元 Navier-Stokes (NS) 乱流には、渦線の引き延ばしがなく、渦度の発散現象は存在しないが、2 次元 MHD 乱流では、磁場の凍結に伴い、渦度の発散現象の存在が期待される。この事は、Kolmogorov 理論との関連から、2 次元 NS 乱流と 2 次元 MHD 乱流は、乱流構造が異なることを示唆している。

これらの興味から、2 次元 MHD 乱流のスペクトル方程式を次の様にして求めた。一様等方性乱流を仮定して、cumulant 方程式を作り、3 次元 NS 乱流の analogy から、4 次の cumulant をゼロとおく。こうすることで、閉じた cumulant 方程式が得られるが、このままでは energy spectrum の正值性が保証されない。そこで、乱流場は、大きな scale で Gaussian に近く、小さな scale で、Gaussian からはずれることに注目する。このことは 3 次 cumulant の特徴的な波数は、2 次 cumulant の特徴的な波数よりも大きいことを意味している。粘性による dumping term は、 $\nu k^2$  の形をしていることから、上の特徴的な波数の違いは、characteristic time の違いを意味することがわかる。結局、2 次 cumulant は 3 次 cumulant よりも、時間についてずっとゆるやかに変化すると考えられる。そこで 3 次 cumulant を表わす時間積分の中で、2 次 cumulant を定数と見て近似する。

以上の様にして得られたスペクトル方程式は、energy spectra の正值性を保証し、更に元の方程式系の 3 個の保存量を全て保存することが示せる。また、スペクトル方程式の transfer term は、energy の極端なカタヨリを防ぐように働くことがわかる。

今後は、以上の様にして得たスペクトル方程式を数値計算することによって、渦度の発散や energy cascade、磁場と速度場の相互作用などを調べてみたい。

(注)

ここでの“2次元化”とは、一方向に一様化することを言う。